

Расчет механической части конструкции светильников

Шпачук В.П., д.т.н., проф., Жуков В.Ф., к.т.н., доц.

Харьковская национальная академия городского хозяйства

Хорошее освещение является необходимым требованием нормальной работы городского транспорта, спортивных сооружений, функционирования предприятий, открытых складов, рабочих площадок и города в целом. Качественное наружное освещение – это снижение числа дорожно-транспортных происшествий и травматизма, благоприятное эстетическое впечатление от вечернего города, посещения зрелищных мероприятий и нормальной трудовой деятельности на производстве. Важную роль при этом выполняют конструкции, обеспечивающие правильное фиксированное положение светильников в пространстве. В докладе приводится методика расчета троса крепления подвесных уличных светильников.

Рассматривается трос АВ, к которому закреплены, например, светильники P_1 и P_2 (рис.1,а). Предполагается, что трос АВ – это абсолютно гибкая нить пролета ℓ , нагруженная равномерно распределенной нагрузкой q_1 и q_2 , которая может быть различной на определенных участках троса (например, собственный вес троса, вес токоподводящего провода, гололедная и ветровая нагрузки) и сосредоточенными силами P_1 и P_2 (вес светильников или ветровая нагрузка на них).

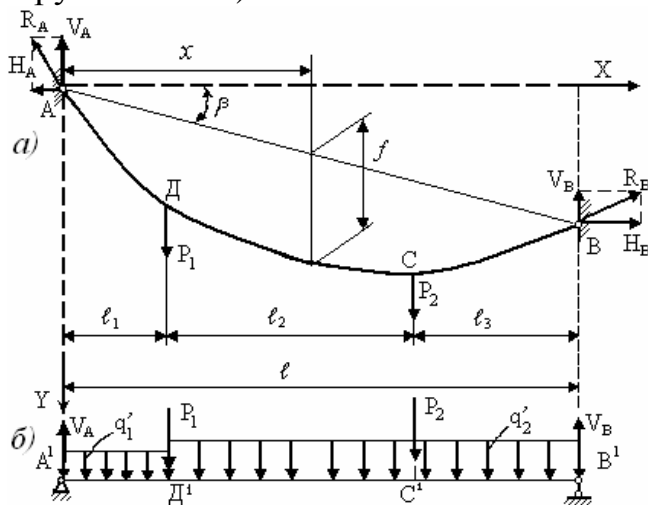


Рис.1

Принимается, что длина нити мало отличается от длины пролета ℓ (отличие не более 10%)[1]. В этом случае с достаточной точностью можно считать, что нагрузка распределена не по кривой АДСВ, а по длине прямой АВ, которая соединяет точки подвеса нити.

Для решения в соответствии с работой [2] рассмотрим балку A^1B^1 , длиной ℓ , которая закреплена шарнирно и нагружена

статически эквивалентной равномерно распределенной нагрузкой $q'_i = q_i/\cos\beta$ и сосредоточенными силами P_i (рис.1,б), где $i = 1,2,\dots$. Определяются вертикальные опорные реакции V_A , V_B такой балки, строятся эпюры поперечных сил $Q(x)$ и изгибающих моментов $M(x)$.

Стрела провеса нити f (рис.1,а) от прямой, соединяющей точки закрепления, в любом сечении находится из выражения:

$$f = M(x)/H, \quad (1)$$

где H – горизонтальная составляющая реакций закрепления нити, которая при отсутствии внешней горизонтальной нагрузки вдоль нити одинакова во всех

сечениях (то есть $H_A = H_B = H$) и которая при указанных ограничениях мало отличается от полного натяжения нити. Обычно эту составляющую называют натяжением нити.

Натяжение H_k при изменении температуры окружающей среды и нагрузок на нить в любом k^{om} режиме находится в зависимости от натяжения H_0 исходного режима по формуле: $H_k = n_k \cdot H_0$ (2)

где n_k – положительный действительный корень уравнения $H_k = n_k H_0$, (3)

Здесь $C = E F [(\int Q_0^2 dx) \cos^5 \beta / (2 \ell H_0^3) + \alpha_t (t_k - t_0) \cos \beta / H_0] - 1$, (4)

$D = E F (\int Q_k^2 dx) \cos^5 \beta / (2 \ell H_0^3)$, (5)

E , F , α_t – модуль упругости, площадь поперечного сечения и температурный коэффициент линейного удлинения материала нити, Q_0 , Q_k , t_0 , t_k – поперечная сила в произвольном сечении и температура окружающей среды в исходном (индекс «0») и k^{om} режиме.

Интеграл $\int Q^2 dx$ для любого режима для эпюры поперечных сил при равномерно распределенной нагрузке может быть определен по формуле (рис.2):

$$\int Q^2 dx = \ell_1(Q_{A1}^2 + Q_{A1}Q_{D1} + Q_{D1}^2)/3 + \ell_2(Q_{D2}^2 + Q_{D2}Q_{C2} + Q_{C2}^2)/3 + \ell_3(Q_{C3}^2 + Q_{C3}Q_{B3} + Q_{B3}^2)/3 + \dots \quad (6)$$

Соотношения (2) – (5) учитывают влияние изменения нагрузки и температуры в процессе эксплуатации на натяжение нити при заданном пролете ℓ .

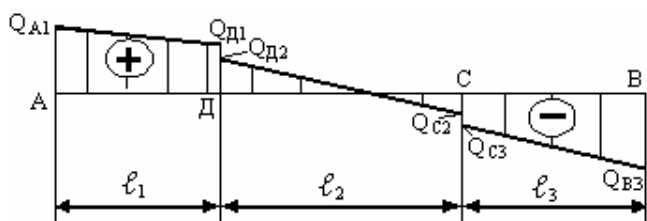


Рис.2

При расчетах рассматриваются согласно «Строительным нормам и правилам» (СНиП) различные режимы сочетания нагрузок и временных воздействий на конструкцию: собственный вес

конструкции, собственный вес конструкции и вес гололеда. При этом рассматриваются режимы без ветра и с соответствующей ветровой нагрузкой. Для каждого режима строятся эпюры поперечных сил $Q(x)$, изгибающих моментов $M(x)$ и вычисляется значение интеграла $\int Q^2 dx$.

Выбирается исходный режим – это режим, для которого изгибающий момент имеет наибольшее значение. Для исходного режима из условия прочности (СНиП) находится натяжение нити H_0 и вычисляется в соответствующем сечении из формулы (1) стрела провеса f_0 , которая сравнивается с заданной. Находится также натяжение нити в точках закрепления с учетом вертикальных реакций и проверяется выполнение условия прочности в этих сечениях. Далее рассматриваются все остальные режимы нагружения с учетом изменения температуры, для которых также вычисляются: натяжение нити H_k (формулы (2)–(5)), стрела провисания нити (формула (1)), натяжение нити в точках закрепления и проверяется выполнение условия прочности.

По тем же формулам (1)–(5) рассчитываются данные для монтажа конструкции.

Предложенная методика расчета троса крепления подвесных уличных светильников используется при проектировании уличного освещения населенных пунктов, а также промышленных площадок и спортивных сооружений.

Литература

1. Опір матеріалів. / За ред.. Г.С.Писаренко. К, 2004.
2. Качурин В.К. Статический расчет вантовых систем. Ленингр.,1969.